



Trykbeholdere til lagring af brint. PSO projekt 5776

Christiansen, J.; Knudsen, T.; Bøgelund, J.; Terkelsen, C.; Hjulmand, H.; Poulsen, P.; Lystrup, Aa.; Bentzen, J.J.; Pedersen, J.; Hartmann, F.

Publication date:
2005

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Christiansen, J., Knudsen, T., Bøgelund, J., Terkelsen, C., Hjulmand, H., Poulsen, P., Lystrup, A., Bentzen, J. J., Pedersen, J., & Hartmann, F. (2005). *Trykbeholdere til lagring af brint. PSO projekt 5776*. Abstract from Informationsmøde om energiforskning, København (DK), 30 Aug.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Trykbeholdere til lagring af brint

PSO projekt 5776

*Jens Christiansen, Torben Knudsen, Jesper Bøgelund, Carina Terkelsen,
Henrik Hjulmand, Peter Poulsen, Teknologisk Institut
Aage Lystrup, Janet Jonna Bentzen, Forskningscenter Risø
Jens Pedersen, Eltra
Finn Hartmann, Roug A/S*

Indledning

Formålet er at undersøge barriererne for en produktion af højtryksbeholdere, der er specielt egnet til lagring af brint, så der i Danmark kan dannes grobund for en beholderproduktion. Undersøgelsen foregår i et samarbejde mellem en dansk beholderproducent, en potentiel slutbruger og to forskningsinstitutioner. Arbejdet består dels i en specifik vurdering af brintlager som energibuffer i el-distributionsnettet og dels i en mere generel vurdering af det potentielle marked for lagring af brint. Med baggrund i eksisterende kompetencer hos Teknologisk Institut, Forskningscenter Risø og Roug A/S, er der foretaget indledende undersøgelser vedrørende udformning, fremstillingsteknologier samt materialeundersøgelser. Desuden afdækkes det teknologiske stade inden for beholder teknologi ved at besøge to til tre relevante aktører. På dette grundlag er der foretaget en samlet vurdering af muligheden for at etablere en produktion af højtryksbeholdere i Danmark.

Projektet er et forprojekt, og såfremt undersøgelsens resultat falder positivt ud, tænkes projektet videreført således, at brintlagringssystemet udvikles til én eller flere af de mest lovende anvendelser samt en videreudvikling af beholderkonceptet med henblik på en øget energitæthed.

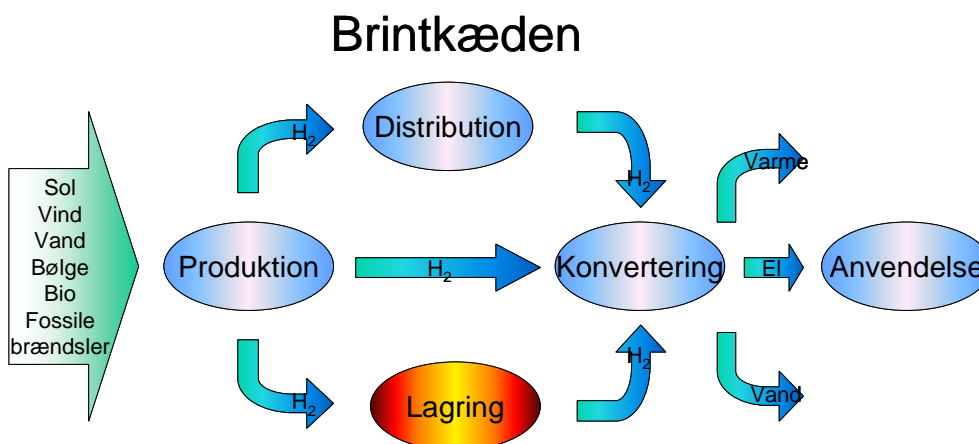


Fig. 1 Illustration af brintkæden. Lagring af brint er en af de større barrierer i kæden.

Anvendelse

Der er foretaget en gennemgang af fremtidige lagringsbehov for brint i forbindelse med forskellige anvendelser. Disse lagringsbehov vil kræve trykbeholdere af vidt forskellige størrelser, design og materialer, og deraf følgende forskellige produktionsteknikker. Roug A/S's umiddelbare ekspertise er inden for store trykbeholdere, hvorfor der i første omgang er fokuseret på lagringsbehov i MWh-området.

Herhjemme er der foreløbigt identificeret følgende 6 potentielle anvendelser for brintlagre:

APPLIKATION	ANTAL TANKE
1. Opstart/regulering på el-nettet. (7-8 MWh)	10-20
2. Balancering af el-nettet ved hjælp af brintproduktion ved spaltning af vand og lagring af ilt og brint. Iltten kan anvendes af lokale dambrug, og brinten kan lagres til senere omdannelse til strøm (2,3 MWh)	100
3. Brint til transport ved stor vindkraftproduktion. Samlet lagerbehov for Fyn-Jylland 1 TWh fordelt på moduler á 10-20 MWh	50.000-100.000
4. Transport af brint med tankbiler til decentrale tankstationer (i en overgangsfase). (5,7 MWh og 53 MWh)	20-40
5. Bufferlager i forbindelse med fremstilling af VEnzin (blanding af methanol, ethanol og benzin) til transportsektoren. (150 MWh)	100
6. Lagertanke på hydrogentankstationer. 1000 MWh pr. tankstation	>1000

Brint til transport i 2025

På basis af Eltra's Systemplan 2005 er der lavet simuleringer for år 2025 for Jylland-Fyn. Formålet er at analysere et muligt fremtidigt system med brint som energibærer. Der er forudsat forholdsvis stor vindkraftandel til at producere brint ved hjælp af elektrolyse. Integrationen af brintfremstillingen sammen med det øvrige el-system sker via betalingsvilligheden for el-forbruget.

Hvis brinten skal bruges til almindelig el-produktion i spotmarkedet, kræver det meget stor prisvariation. Årsagen er, at virkningsgraden fra el til brint via elektrolyse og kompression til brintlageret dels er ca. 56%, og dels at el-produktion med brændselsceller har en virkningsgrad på 50%. Derfor forventes det, at brinten hovedsagelig vil blive brugt i transportsektoren. Et groft skøn for brintlagerbehovet til dækning af halvdelen af de danske biler og lastbilers energiforbrug vil være 400 GWh.

Tabel 1: Brint til rådighed for transport i Jylland-Fyn og tilhørende krav til brintlager, hvis lageret ikke giver begrænsninger:

Betalingsvillighed for el til elektrolyse	150 DKK/MWh		225 DKK/MWh		300 DKK/MWh	
	Produceret brint (TWh)	Lagerbehov (GWh)	Produceret brint (TWh)	Lagerbehov (GWh)	Produceret brint (TWh)	Lagerbehov (GWh)
Lavprisscenario *	2,0	360	11,9	940	15,3	400
Højprisscenario *	-	-	3,1	400	8,9	1.000

* Scenarierne er relateret til priserne i naboområderne.

Konstruktion

Lette trykbeholdere til lagring af brint forventes fremstillet af polymer/fiberkompositter eller fiberkompositter viklet om en metallisk inderskal. I tabel 2 er der udarbejdet et overslag over laminattykkelserne i glasfiberforstærkede beholdere med forskellige diametre og designtryk, for henholdsvis en ”ren” fiberkompositbeholder, og en metal/fiberkompositbeholder. Med en ”ren” fiberkompositbeholder menes en beholder, hvor hele belastningen optages af fiberkompositmaterialet. Med en metal/fiberkompositbeholder menes en metalbeholder omviklet med glasfiber i omkredsretningen, således at metaldelen alene optager de langsgående belastninger, og metaldelen og fiberkompositdelen i forening optager belastningerne i omkredsretningen. Forudsætningerne er angivet i tabel 2.



Fig. 2 Trykbeholdere i plastkomposit.
Volumen: 400 ml. Designtryk: 25 MPa.



Fig. 3 Roug A/S fremstiller PERMATANKE, der er dobbeltvæggede tanke bestående af en ståltank inderst og en glasfiberbelægning yderst. Imellem stål og glasfiber er et lukket hulrum med vakuum. PERMATANKE fremstilles i 12 standardstørrelser fra 6 til 100 m³

Tabel 2: Overslag over laminattykkelserne i glasfiberforstærkede beholdere med forskellige diametre og designtryk.

	Diameter [mm]	Godstykkelse af glasfiberlaminat ved forskellige designtryk [mm]*				
		1 bar	30 bar	350 bar	700 bar	1000 bar
Ren komposit	1000	0,3	9,8	114,0	227,9	325,6
	2500	0,8	24,4	284,9	569,8	814,0
	4000	1,3	39,1	455,8	911,6	1302,3
Metal/komposit **	1000	0,2	6,5	76,0	151,9	217,1
	2500	0,5	16,3	189,9	379,8	542,6
	4000	0,9	26,0	303,9	607,8	868,2

* Overslagsberegning med udgangspunkt i eksisterende lille trykbeholder:

Diameter (indvendigt, laminat)	43 mm
Godstykkelse	3,5 mm
Designtryk	250 bar
Sprængtryk (midt på svøb)	860 bar
Sikkerhedsfaktor	3,44

Omkredsviklinger udgør 2/3 af hele godstykkelsen, da tangentialspændingen er dobbelt så stor som den langsgående spænding. I en ”ren” kompositbeholder tager glasfiberkompositten belastningen i både langsgående retning og i omkredsretningen. I en metalkompositbeholder optager metaldelen hele belastningen i langsgående retning, og i omkredsretningen optages den af metal og fiberkomposit i forening.

** Godstykkelserne i metal/komposit eksemplerne kan nok reduceres noget, da metallinieren også kan tage en del af belastningen i omkredsretningen.

Brintdiffusion

En metode til måling af diffusion af brint gennem polymermaterialer er under udvikling på Teknologisk Institut. Kendskab til materials tæthed for brint kan f.eks. anvendes inden for følgende områder:

- Metalliner frie tanke med lav vægt
- Materialer til fremstilling af f.eks. rør, slanger, ventiler etc.
- Materialer til anvendelse i polymer brændselsceller.

Det er på nuværende tidspunkt muligt at fremstille fiberkompositbeholdere med metalliner, hvor det er fiberkompositten, der optager al trykket, og metallinerens eneste formål er at gøre beholderen tæt. Der fremstilles ligeledes fiberkompositbeholdere med polymerliner. Tanke med polymerliner er specielt interessante pga. deres lave vægt samt i forbindelse med at lette genanvendelse / bortskaffelsen af udtjente tanke.

For at kunne fremstille en tæt tank uden brug af metalliner, er det vigtigt at undersøge brintdiffusionen gennem forskellige polymermaterialer nærmere.

Metoden, der er udviklet, muliggør diffusionsmålinger ved høje tryk (op mod 200 bar). Opstillingen består af en diffusionscelle og en detektor. Diffusionscellen er opbygget, så der skabes trykbalance over membranen, hvorved uønsket udbøjning mindskes.

Princippet i opstillingen ses på Fig. 4.

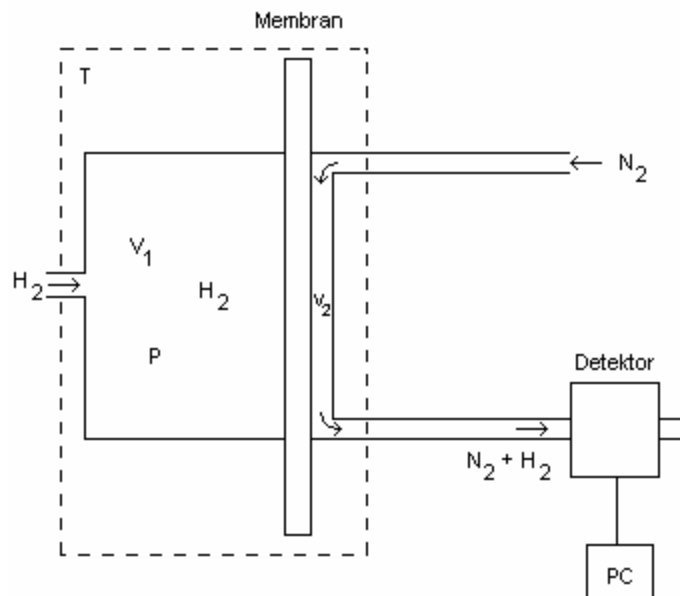


Fig. 4: På venstre side af membranen ses primærvolumenet, hvor der opbygges det ønskede brinttryk, og til højre for membranen ses sekundærvolumenet, der skylles med f.eks. nitrogen. Nitrogen og den brint, der er diffunderet igennem membranen, føres ind i detektoren. Dataopsamling fra detektoren sker via en PC. Den stiplede linie indikerer, at denne del af opstillingen er temperaturreguleret.

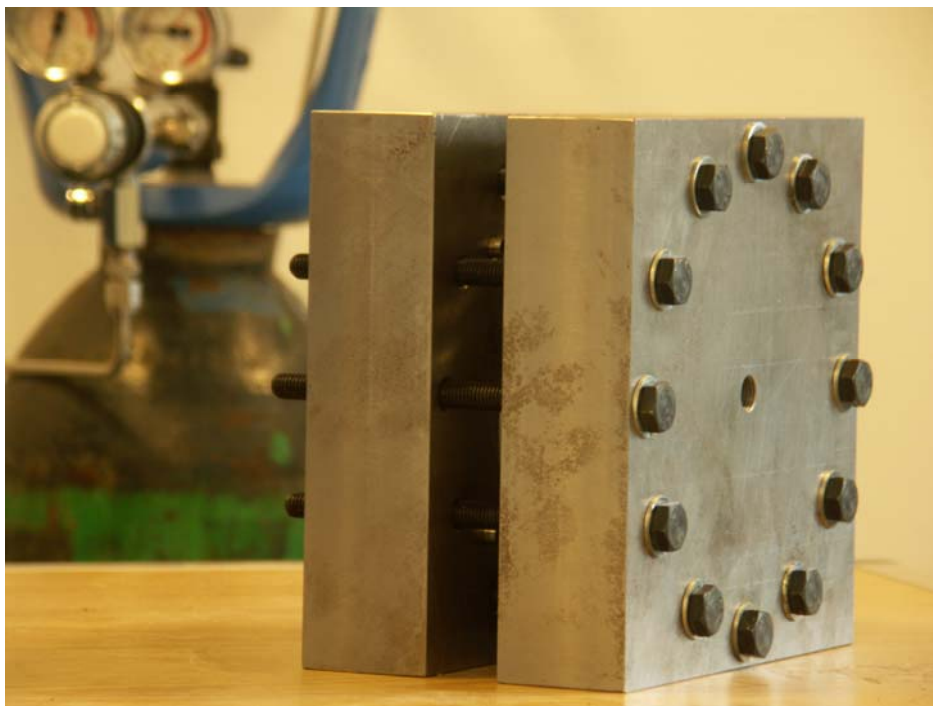


Fig. 5: Diffusionscellen i den opstilling som er under udvikling.

Gennemtrængeligheden også kaldet permeabiliteten af brint udregnes vha. følgende formel:

$$P = \frac{(\text{volumen af brint}) \times (\text{membran tykkelsen})}{(\text{areal}) \times (\text{tid}) \times (\text{trykfald over membranen})} \text{ i enheden } \frac{\text{cm}^3 \times \text{cm}}{\text{cm}^2 \times \text{s} \times \text{Pa}}$$

Tabel 3: Forskellige almindelige kendte plastmaterialers permeabilitet over for brint.

Polymer	Polyethylen	Polypropylen	Polystyren	Polyvinylalkohol	Hård PVC	Blød PVC	PBT	PET
Permeabilitet	7,4	31,0	17,0	0,00672	1,3	2,1-2,7	9,0	0,448
Temperatur	25	20	25	25	25	27	25	25

Permeabiliteten er angivet i enheden $10^{-13} \frac{\text{cm}^3 \times \text{cm}}{\text{cm}^2 \times \text{s} \times \text{Pa}}$.

Kilde: "Polymer Handbook" 3.ed. af J. Brandrup og E. H. Immergut, afsnittet "Permeability and Diffusion data" af S. Pauly.

Konklusion

Der er i projektet identificeret en række anvendelser for tryktanke til lagring af brint, herunder i forbindelse med el-regulering, balancering af el-nettet, transport med tankbiler og fremstilling af bioethanol til tankstationer. Endvidere vil der ved stor vindkraftproduktion være behov for brintlager svarende til 1 TWh.

Simuleringer af el-systemet for Jylland-Fyn for år 2025 viser, at der vil kunne produceres brint til brug i transportsektoren fra 0-15 TWh, afhængig af prisen på el i Danmark og nabolandene.

Endelig er der etableret en opstilling til måling af brintdiffusion ved tryk op mod 200 bar.

De opbyggede kompetencer, scenarieanalyser og de markedsræssige undersøgelses er de indledende skridt hen imod en dansk produktion af trykbeholdere til lagring af brint.